

Klausur DHBW-MaEp EL1 2015-12 Bayer MUSTERLÖSUNG r 2.2.0

DHBW-MaEp EL1 Bayer 2015-12 r220

DHBW Mannheim-Eppelheim · MA-TMT14AM2
 Angewandte Elektronik 1 · Teilklausur Elektronik 1, 2015-12, Bayer

Matrikel-Nr.: _____
 Blatt 1 / 7

Blätter
 inkl. Deckblatt **7**



DHBW Mannheim, Außenstelle Eppelheim
 MA-TMT14AM2 · Angewandte Elektronik 1
 Teilklausur Elektronik 1, 2015-12, Bayer

Rev. 2.2.0 Dezember 2015

Dozent Rainer Bayer, Dipl.-Ing. FH Elektronik

Name, Vorname _____ Matrikel-Nummer _____ auf jedem Blatt oben eintragen

Studienjahrgang MA-TMT14AM Gruppe _____ 2 Semester _____

Hilfsmittel Formelsammlung, Taschenrechner _____ Zeit _____ 60 min

Bewertung Punktzahl 100% _____ Erreichte Punktzahl _____

Datum / Signum _____ Ergebnis _____

Aufg.	Thema	Blatt	a)	b)	c)	gesamt	Anm.
1	Verlustleistung, Kühlung von Halbleitern	2	06	06		12	
2	BJT als Schalter	3-4	10	05	05	20	
3	BJT als KS-Verstärker: Emitterschaltung	5	10	03	08	21	
4	BJT als KS-Verstärker: Kollektorschaltung	6-7	06	04	07	17	
Anmerkungen						70	

1 Verlustleistung, Kühlung von Halbleitern 12

a1) $R_{thJMb,max} = 5,5 \text{ K/W}$ 6
 (Montage auf Kühlkörper, Gehäuse-Kennbuchstabe ‚F‘) (2)

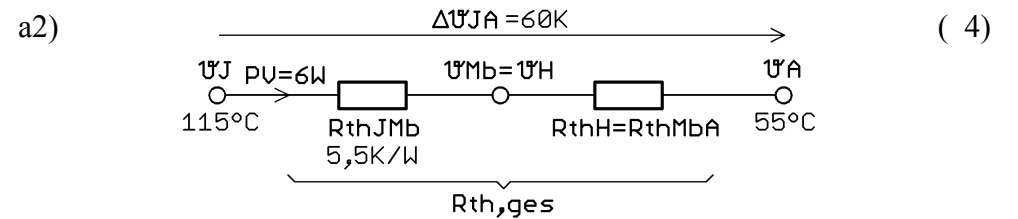


Abb. Lsg-1:
 vereinfachtes Thermisches Ersatzschaltbild

b1) $P_{V,max} = U_{eff,max} \cdot I_{eff,max} = 6 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 6 \text{ W}$ (Tastgrad 100%) 6
 (4)

Maßgebend ist $\vartheta_{a,max} = +55^\circ\text{C}$

$$R_{th,ges,max} = \frac{\Delta \vartheta_{J,max}}{P_{V,max}} = \frac{\vartheta_{J,max} - \vartheta_{a,max}}{P_{V,max}}$$

$$R_{th,ges,max} = \frac{(115 - 55)\text{K}}{6 \text{ W}} = \frac{60 \text{ K}}{6 \text{ W}} = 10 \text{ K/W}$$

$$R_{thH,max} = R_{th,ges,max} - R_{thJMb,max} = (10 - 5,5)\text{K/W} = 4,5 \text{ K/W}$$

b2) Aus Abb. Afg-1 rechts abgelesen: $l_{min} \cong 75 \text{ mm}$ (2)

2 BJT als Schalter

20

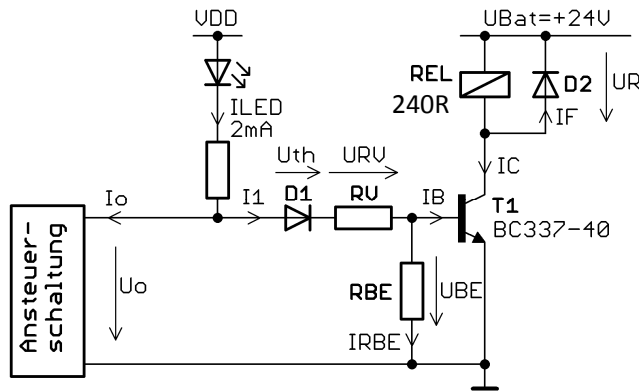


Abb. Lsg-2,
Schaltung
modifiziert:
a2) für sichere
Sperrung
(D1; RBE);
c2) Freilauf-
diode (D2)

$$\text{a1) } I_C = I_L; U_{CEsat} = 0 \rightarrow \underline{I_C} = \frac{U_{Bat}}{R_{Rel}} = \frac{24 \text{ V}}{240 \Omega} = \underline{100 \text{ mA}} \quad (3)$$

B_{min} aus Tab. Afg-2.2, Current Gain Group „40“: $\underline{B_{min}} = 250$

$$\underline{I_{B,min}} = \frac{I_C}{B_{min}} = \frac{100 \text{ mA}}{250} = \underline{0,4 \text{ mA}}$$

$$\underline{I_B} = m \cdot I_{B,min} = 3 \cdot 0,4 \text{ mA} = \underline{1,2 \text{ mA}}$$

$(|-I_o| = I_B) > 100 \mu\text{A}$ (noch ohne Basisableitwiderstand RBE)

a2) Aus Lsg-a1): es gelten die Werte für $I_o = \pm 4 \text{ mA}$. Einfügen von D1 und RBE, s. Abb.Lsg-2. (4)

a3) Aus Abb. Afg-2.2, Kurve „max“, abgelesen: (3)

$$\underline{I_{CB0}} \cong 6,5 \cdot 10^2 \text{ nA} = \underline{650 \text{ nA}}$$

Si- BJT npn sperrt sicher, wenn $U_{BE} \leq 0,2 \text{ V}$:

$$\underline{R_{BEmax}} = \frac{0,2 \text{ V}}{I_{CB0,max}} = \frac{0,2 \text{ V}}{650 \text{ nA}} = \underline{308 \text{ k}\Omega}$$

2 BJT als Schalter (fortgesetzt)

$$\text{b1) } R_V = \frac{U_{RV}}{I_{RV}} = \frac{U_{RV}}{-I_o} = \frac{U_{oH,min}|I_o=\pm 4 \text{ mA} - U_{D1} - U_{BEsat}}{I_B + U_{BE}/R_{BE}} \quad (3)$$

$$R_V = \frac{(2,9 - 0,5 - 0,7) \text{ V}}{1,2 \text{ mA} + 0,7 \text{ V}/6,8 \text{ k}\Omega} = \frac{1,7 \text{ V}}{(1,2 + 0,103) \text{ mA}} = \frac{1,7 \text{ V}}{1,3 \text{ mA}}$$

$$\underline{R_V = 1,31 \text{ k}\Omega}$$

$$\text{b2) } \underline{R_{VE12}} = 1,2 \text{ k}\Omega \quad (2)$$

$|-I_o|$ mit Basisableitwiderstand RBE:

$$\underline{|-I_o^*|} = \frac{U_{RV}}{R_{VE12} - 10\%} = \frac{1,7 \text{ V}}{1,08 \text{ k}\Omega} \cong \underline{1,58 \text{ mA}} \leq 4 \text{ mA} \rightarrow \underline{\text{ok}}$$

c1) ohmsch – induktive Last \rightarrow das Ausschalten (1)

c2) s. Lsg-a1) (2)

$$\text{c3) } \underline{U_{R,max}} = U_{Bat} = \underline{24 \text{ V}} \quad (2)$$

ohmsch – induktive Last: $\underline{I_{F,max}} = I_{C(max)} = \underline{100 \text{ mA}}$

3 BJT als Kleinsignalverstärker: Emitterschaltung

21

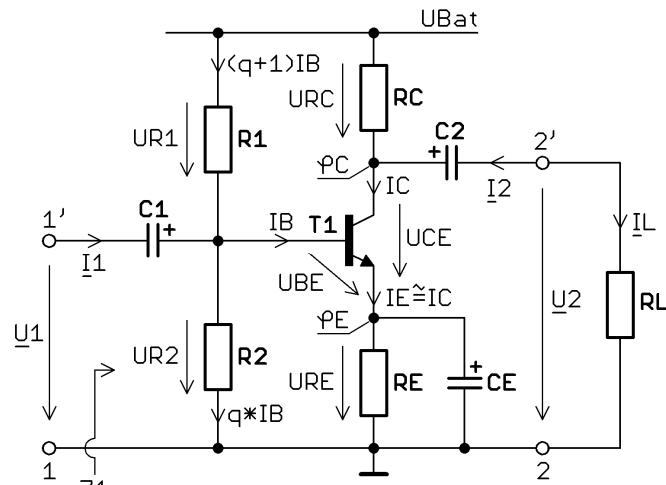


Abb. Lsg-3.1: Schaltung, gepfeilt; C gepolt

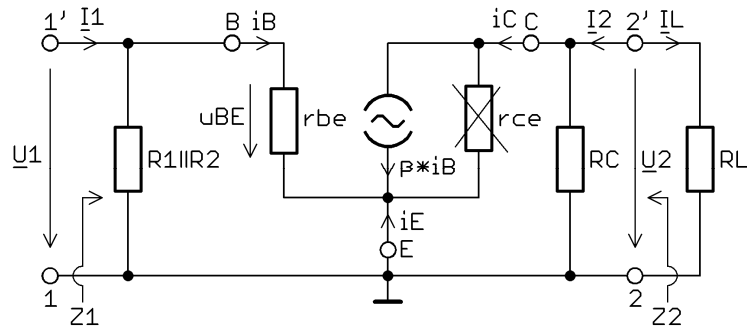


Abb. Lsg-3.2: Kleinsignal-Ersatzschaltbild (KS-ESB); bei reiner DC-Gegenkopplung identisch mit dem der Grundschaltung (r_{ce} vernachlässigt)

a1) DC-Stromgegenkopplung: Stabilisierung des Arbeitspunktes gegenüber Temperatureinflüssen. (AC-mäßiger Kurzschluss durch Kondensator CE) 10 (2)

3 BJT als Kleinsignalverstärker: Emitterschaltung (fortgesetzt 1)

a2) $U_{CE,AP} = \varphi_{C,AP} - \varphi_{E,AP} = (10 - 2)V = 8V$ (2)

$$I_C \cong I_E \rightarrow I_{C,AP} = \frac{U_{RE,AP}}{R_E} = \frac{\varphi_{E,AP}}{R_E} = \frac{2V}{20\Omega} = 100mA$$

AP = (8V | 100mA)

a3) $R_C = \frac{U_{RC,AP}}{I_{C,AP}} = \frac{U_{Bat} - \varphi_{C,AP}}{I_{C,AP}} = \frac{(20 - 10)V}{100mA} = \frac{10V}{100mA} = 100\Omega$ (1)

a4) aus Tab. Afg-2.2: T1 = BC337-40 $\rightarrow B_{typ} = 400$ (5)

$$I_{B,AP} = \frac{I_{C,AP}}{B_{typ}} = \frac{100mA}{400} = 0,25mA$$

$$R_2 = \frac{U_{R2}}{q \cdot I_{B,AP}} = \frac{\varphi_{E,AP} + U_{BE,AP}}{q \cdot I_{B,AP}}$$

$$R_2 = \frac{(2 + 0,7)V}{5 \cdot 0,25mA} = \frac{2,7V}{1,25mA} = 2,16k\Omega$$

$$R_1 = \frac{U_{Bat} - U_{R2,AP}}{(q + 1) \cdot I_{B,AP}} = \frac{(20 - 2,7)V}{(5 + 1) \cdot 0,25mA} = \frac{17,3V}{1,5mA} = 11,5k\Omega$$

b) $r_{be} \cong \frac{U_T}{I_{B,AP}} = \frac{26mV}{0,3mA} = 86,8\Omega$ ($g_a = +25^\circ C$) 3

$\beta = B_{typ}$; Leistungsanpassung: $R_C = R_L$

$$v_u \cong \beta \cdot \frac{R_C \parallel R_L}{r_{be}} = 400 \cdot \frac{R_C/2}{r_{be}} = 400 \cdot \frac{50\Omega}{86,8\Omega} = 400 \cdot 0,576 = 230$$

$$v_u (dB) = 20 \cdot \lg(v_u) dB = 20 \cdot \lg(230) dB = 20 \cdot 2,36 dB = 47,2 dB$$

3 BJT als Kleinsignalverstärker: Emitterschaltung (fortgesetzt 2)

$$c1) \quad Z_1 = R1 \parallel R2 \parallel r_{be}; \quad (R1 \parallel R2) \gg r_{be} \rightarrow \underline{Z_1} \cong r_{be} = \underline{86,8 \Omega} \quad (2) \quad 8$$

$$c2) \quad \text{Allg. Pässe 1.O.: } f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}. \quad (3)$$

Im Eingangskreis wirkt als R die Reihenschaltung aus R_i und Z_1 :

$$\underline{C1'} = \frac{1}{2\pi \cdot f_{gu} \cdot (R_i + Z_1)} = \frac{1}{2\pi \cdot 20 \text{ Hz} \cdot (600 + 86,8)\Omega} = \underline{11,6 \mu\text{F}}$$

Es wirken $n = 3$ das Übertragungsverhalten beeinflussende Hochpässe ($C1$; $C2$; CE), damit wird

$$\underline{C1} \cong 1,2 \cdot \sqrt{n} \cdot C1' = 1,2 \cdot \sqrt{3} \cdot 11,6 \mu\text{F} = \underline{24,1 \mu\text{F}}$$

$$c3) \quad \underline{C1_{E6}} = 47 \mu\text{F} \quad (1)$$

$$c4) \quad \text{s. Abb. Lsg-3.1} \quad (2)$$

4 BJT als Kleinsignalverstärker: Kollektorschaltung

17

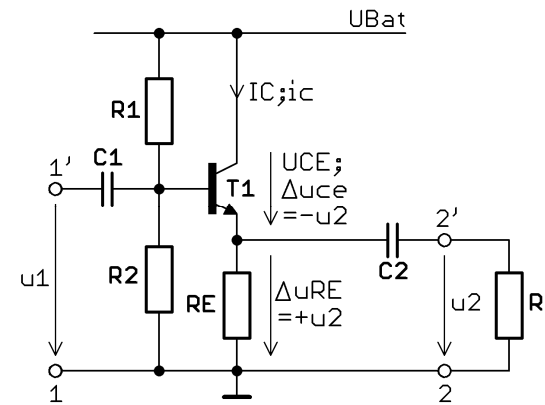


Abb. Lsg-4.1:
Schaltung
(gepfeilt)

$$a1) \quad \underline{\text{Emitterfolger}} \quad 6$$

(1)

$$a2) \quad \underline{\text{(Strom-)Gegenkopplung für DC und AC}} \quad (2)$$

$$a3) \quad \underline{U_{CE,AP}} = U_{Bat}/2 = U_{RE,AP} = 12 \text{ V}/2 = \underline{6 \text{ V}} \quad (3)$$

$$P_{T1,AP} \cong U_{CE,AP}^2 / R_{CE,AP}; \quad R_{CE,AP} = RE \rightarrow$$

$$\underline{RE} = U_{CE,AP}^2 / P_{T1,AP} = (6 \text{ V})^2 / 0,2 \text{ W} = \underline{180 \Omega}$$

$$b) \quad I_C \cong I_E \rightarrow \underline{I_{C,AP}} = \frac{U_{RE,AP}}{RE} = \frac{6 \text{ V}}{200 \Omega} = \underline{30 \text{ mA}} \quad 4$$

$$\underline{AP} = (6 \text{ V} | 30 \text{ mA}) \quad \text{s. Abb. Lsg-4.2}$$

AGS: Gleichstromwid. $R_G = -1/RE$; mit $AP = (6 \text{ V} | 30 \text{ mA})$ und $\underline{P1} = (U_{Bat} | 0) = (12 \text{ V} | 0 \text{ mA})$ kann die AGS mit $m_S = -1/R_G$ eingezeichnet werden; s. Abb. Lsg-4.1. Ggf. Hilfspunkt P2 zum genaueren Einzeichnen: $\underline{P2} = (0 | U_{Bat}/RE) = (0 \text{ V} | 60 \text{ mA})$.

4 BJT als Kleinsignalverstärker: Kollektorschaltung (fortgesetzt 1)

$$c1) \text{ AC-mäßig wirkt } r_d = RE \parallel RL = (200 \parallel 300)\Omega = 120 \Omega \quad (4) \quad 7$$

Damit kann die durch AP gehende AGD mit $m_d = -1/r_d$ bereits eingezeichnet werden. Ggf. Hilfspunkt P4 und/oder P3 über Geradengleichung oder aus der rechnerischen Lösung mit Hilfe von b) und c1), II unten:

$$\underline{P3} = (0 \mid [U_{CE,AP} + \Delta u_{ce,max}(p)] / r_d) = (0 \text{ V} \mid 80 \text{ mA});$$

$$\underline{P4} = (U_{CE,AP} + \Delta u_{ce,max}(p) \mid 0) = (9,6 \text{ V} \mid 0)$$

$$c2) \text{ Für harmonische Signale wird gefordert:} \quad (3)$$

$$[+\hat{U} = \hat{U}_{max}(p)] \stackrel{!}{=} [-\hat{U} = \hat{U}_{max}(n)]$$

Es ist die kleinere (der unverzerrt übertragenen) Amplituden maßgebend. **Dies ist für die Lösung der Aufgabe ausreichend.**

I. Kleinere Amplitude aus Diagramm abgelesen:

$$\underline{P4} = (U_{CE4} \mid 0) = (9,6 \text{ V} \mid 0 \text{ mA}) \rightarrow$$

$$\underline{\hat{U}_{2,max}(n)} = \Delta u_{ce,max}(p) = U_{CE4} - U_{CE,AP} = (9,6 - 6) \text{ V} = \underline{3,6 \text{ V}}$$

$$U_{CEsat} \cong 0,8 \text{ V} \rightarrow$$

$$\underline{\hat{U}_{2,max}(p)} = \Delta u_{ce,max}(n) = U_{CE,AP} - U_{CEsat} = (6 - 0,8) \text{ V} = \underline{5,2 \text{ V}}$$

$$\rightarrow \underline{\hat{U}_{2,max} = 3,6 \text{ V}}$$

II. Rechnerisch:

Max. Kollektorstromänderung (dynamisch) „Richtung Transistor sperrt“ beträgt $-\Delta i_{c,AP,max} = -I_{C,AP}$ ($i_C = 0$; $u_{CE} \uparrow$):

$$\underline{\hat{U}_{2,max}(n)} = \Delta u_{ce,max}(p) = I_{C,AP} \cdot r_d = 30 \text{ mA} \cdot 120 \Omega = \underline{3,6 \text{ V}}$$

weiter siehe unter I.

4 BJT als Kleinsignalverstärker: Kollektorschaltung (fortgesetzt 2)

III. Hinweis: Kollektor (U_{Bat}) und Masse (\perp) liegen AC-mäßig auf dem gleichen Potenzial, siehe Abb. Lsg-4.1. Damit ist $\Delta u_{RE}(p) = \Delta u_{ec} = -\Delta u_{ce} := \Delta u_{ce}(n)$. Da u_2 am Emitter ausgekoppelt wird, lautet die Zuordnung $\Delta u_2(p) = \Delta u_{RE}(p) = \Delta u_{ce}(n)$.

